Equations and FORTRAN Program for the Canadian Forest Fire Weather Index System

Canada

Government of Canada
Canadian Forestry Service

Gouvernement du Canada
Service canadien des forêts

85-4989/

THE CANADIAN FORESTRY SERVICE
GOVERNMENT OF CANADA

The Canadian Forestry Service is the principal source of federal expertise in forestry. Its general objective is to promote the wise management and use of Canada's forest resources for the economic, social, and environmental benefit of Canadians.

The following are the main functions of the CFS:

1. Coordination of federal policies, for the promotion of better resource management and forest industry development.
2. Provision of scientific and technological leadership in forestry through research and development.
3. Provision and analysis of national and international statistics and information as a basis for policy formulation.
4. Development and certification of codes and standards for wood product performance.
5. Protection of Canada's forests from foreign pests.
6. Fostering the potential use of the forest resource for energy.
7. Contributing to the environmental objectives of the government of Canada.

A number of federal agencies are involved in forestry programs and a Federal Forestry Sector Strategy Committee has been established to coordinate federal forestry activities. The Canadian Forestry Service has been designated the lead agency role.

The Canadian Forestry Service is comprised of a Headquarters Unit, six Forest Research Centres and two National Institutes. The Forest Research Centres are responsive to regional priorities and maintain close liaison with the respective provincial government forestry departments and other clients. They also participate in, and frequently lead, national programs. The National Institutes provide the focus for programs of national scope.

Equations and FORTRAN Program for the Canadian Forest Fire Weather Index System

C.E. Van Wagner and T.L. Pickett
Petawawa National Forestry Institute

Canadian Forestry Service
Government of Canada
Forestry Technical Report 33
Ottawa 1985

©Minister of Supply and Services Canada 1985

ISBN 0-662-13906-2
Cat. No. Fo64-33/1985E

Additional copies are available at no charge from:

Environment Canada
Distribution Centre
151 Jean-Proulx
Ottawa, Ont.
K1A 1C7

Cette publication est aussi disponible en français sous le titre *Équations et programme FORTRAN de l'Indice Forêt-Météo de la méthode canadienne*.

CONTENTS

	Page
Abstract	IV
Resumé	IV
Introduction	1
Symbols in the Equations	3
Equations and Procedures	5
Description of Program	9
Symbols in the Program	11
Program F-32	12
Sample of Input	16
Sample of Output	17
References	18

ABSTRACT

Improved official equations are presented for the 1984 version of the Canadian Forest Fire Weather Index System. The most recent mathematical refinements serve to further rationalize the Fine Fuel Moisture Code and render it more compatible with other developments in the Canadian Forest Fire Danger Rating System. The effect of these changes is so slight that no problems are anticipated in converting from the previous version to this new one. Also given is a FORTRAN program intended as a standard for processing the equations in their most accurate mathematical form.

RÉSUMÉ

Ce rapport présente, en complément au système de l'Indice canadien forêt-météo, des équations connues qu'on a retouchées. Ces précisions mathématiques veulent rendre l'indice du combustible léger plus rationnel et davantage compatible avec les nouveaux développements que connaît la Méthode canadienne d'évaluation des dangers d'incendie de forêt. Il s'agit de changements mineurs qui ne devraient pas faire problème advenant qu'une équation de la version antérieure soit à convertir. Le programme FORTRAN se veut une base pour traiter des équations dans le plus pur langage mathématique.

INTRODUCTION

The present report is a companion to the fourth edition of the Tables for the Canadian Forest Fire Weather Index System (Canadian Forestry Service 1984). The equations on which this new edition is based are presented here. Also included is a computer program incorporating the mathematical routines leading to the Fire Weather Index (FWI). It is written in FORTRAN 77 to run on a DEC PDP-11/44. With proper modification it could be handled by many smaller computers.

The report is a replacement of Information Report PS-X-58 (Van Wagner and Pickett 1975[1]), which listed equations for the 1976 version of the Fire Weather Index (FWI) System. The development and structure of the FWI System were described originally by Van Wagner (1974) in Canadian Forestry Service Publication 1333, but the mathematics in that paper are partly obsolete. A revised version of Publication 1333 will soon be available.

The 1976 version of the FWI System listed the following mathematical changes from the original 1970 version:

1. Change in equation giving the equilibrium moisture content (EMC) during a wetting cycle in the Fine Fuel Moisture Code (FFMC), to eliminate an anomaly at very high relative humidity (RH);
2. Replacement of the original temperature correction in the FFMC with separate temperature effects on EMC and drying rate;
3. Increase in the amount of rain discarded in the Drought Code (DC) from 1.524 mm to 2.8 mm;
4. Change in the buildup function, f(D), at Buildup Index (BUI) values over 80, in order to cause the FWI to level off in extreme drought.

Note: Further acronyms and symbols are defined in accompanying lists.

The additional mathematical changes in the present version further rationalize the structure of the FFMC. This code has worked adequately, but new developments in the Canadian Forest Fire Danger Rating System (CFFDRS), of which the FWI System is a part, create a need for a) realistic conversions from code value to actual fuel moisture, b) a common basis for the standard daily FFMC and its round-the-clock hourly version (Van Wagner 1977) and, c) ready modification for special purposes. Accordingly, the new FFMC incorporates the following alterations:

1. A new moisture scale, the FF-scale, with a higher maximum possible moisture content (250% instead of 101%);

2. A new rain-effect equation that operates on moisture content rather than on code value;

3. An adjusted drying rate that operates on the moisture content as expressed by the new moisture scale, but results in the same rate of change in code value as before;

4. A variable wetting rate when the EMC is higher than the initial moisture content, in place of the fixed rate used previously, and;

5. An adjustment of the fine fuel moisture function, f(F), in the Initial Spread Index (ISI), to fit the new higher moisture conversion scale.

[1]C.E. Van Wagner is a research scientist, and T.L. Pickett is a computer programmer at the Petawawa National Forestry Institute, Chalk River, Ontario K0J 1J0.

These changes have been accomplished with very little difference in the output of the system of equations. That is, the resulting codes and indexes will be sufficiently similar for daily use of the system to continue uninterrupted and for the statistical continuity of annual records to be preserved.

As before, the computer program is set up for the calculation at one time of an entire season's output for one station only. Its primary purpose is to illustrate the programming of the equations in order to give the purest possible mathematical output, with no artificial constraints or limits other than those required by the nature of the equations. It is intended to serve as a standard of comparison by which the output of any other program may be tested.

This 1984 version (as well as the previous version) includes the computation of the Daily Severity Rating (DSR), as described by Van Wagner (1970). The DSR is a function of the FWI specifically designed for averaging, either for any desired period of time at a single location, or as an area average of any number of locations. The FWI itself, on the other hand, is not considered suitable for averaging, and should be used as its single daily value only. The DSR averaged over a whole season, for example, would be called the Seasonal Severity Rating (SSR) and could be used for comparing fire weather from year to year, or fire climate from place to place.

SYMBOLS IN THE EQUATIONS

All quantities used in the numbered equations are represented in the following list by single letters, sometimes with subscripts. The symbols are arranged in groups according to their place in the whole. All moisture contents are percentages based on dry weight. Noon refers to standard time.

WEATHER

T	– noon temperature, °C
H	– noon relative humidity, %
W	– noon wind speed, km/h
r_o	– rainfall in open, measured once daily at noon, mm
r_f	– effective rainfall, FFMC
r_e	– effective rainfall, DMC
r_d	– effective rainfall, DC

FINE FUEL MOISTURE CODE (FFMC)

m_o	– fine fuel moisture content from previous day
m_r	– fine fuel moisture content after rain
m	– fine fuel moisture content after drying
E_d	– fine fuel EMC for drying
E_w	– fine fuel EMC for wetting
k_o	– intermediate step in calculation of k_d
k_d	– log drying rate, FFMC, $\log_{10}$m/day
k_l	– intermediate step in calculation of k_w
k_w	– log wetting rate, $\log_{10}$m/day
F_o	– previous day's FFMC
F	– FFMC

DUFF MOISTURE CODE (DMC)

M_o	– duff moisture content from previous day
M_r	– duff moisture content after rain
M	– duff moisture content after drying
K	– log drying rate in DMC, $\log_{10}$M/day
L_e	– effective day length in DMC, hours
b	– slope variable in DMC rain effect
P_o	– previous day's DMC
P_r	– DMC after rain
P	– DMC

DROUGHT CODE (DC)

Q	– moisture equivalent of DC, units of 0.254 mm
Q_o	– moisture equivalent of previous day's DC
Q_r	– moisture equivalent after rain
V	– potential evapotranspiration, units of 0.254 mm water/day
L_f	– day length adjustment in DC
D_o	– previous day's DC
D_r	– DC after rain
D	– DC

FIRE BEHAVIOR INDEXES (ISI, BUI, FWI)

f(W)	– wind function
f(F)	– fine fuel moisture function
f(D)	– duff moisture function
R	– Initial Spread Index (ISI)
U	– Buildup Index (BUI)
B	– FWI (intermediate form)
S	– FWI (final form)

SEVERITY RATING

DSR	– Daily Severity Rating

FINE FUEL MOISTURE CODE (FFMC)

$$m_o = 147.2\,(101 - F_o)/(59.5 + F_o) \quad (1)$$

$$r_f = r_o - 0.5, \qquad r_o > 0.5 \quad (2)$$

$$m_r = m_o + 42.5\,r_f\,(e^{-100/(251-m_o)})(1 - e^{-6.93/r_f}), \qquad m_o \le 150 \quad (3a)$$

$$m_r = m_o + 42.5\,r_f\,(e^{-100/(251-m_o)})(1 - e^{-6.93/r_f}) + 0.0015\,(m_o - 150)^2\,r_f^{0.5}, \qquad m_o > 150 \quad (3b)$$

$$E_d = 0.942\,H^{0.679} + 11e^{(H-100)/10} + 0.18\,(21.1 - T)(1 - e^{-0.115H}) \quad (4)$$

$$E_w = 0.618\,H^{0.753} + 10e^{(H-100)/10} + 0.18\,(21.1 - T)(1 - e^{-0.115H}) \quad (5)$$

$$k_o = 0.424\left[1 - (H/100)^{1.7}\right] + 0.0694\,W^{0.5}\left[1 - (H/100)^{8}\right] \quad (6a)$$

$$k_d = k_o \times 0.581\,e^{0.0365T} \quad (6b)$$

$$k_1 = 0.424\left[1 - \left(\frac{100 - H}{100}\right)^{1.7}\right] + 0.0694\,W^{0.5}\left[1 - \left(\frac{100 - H}{100}\right)^{8}\right] \quad (7a)$$

$$k_w = k_1 \times 0.581\,e^{0.0365T} \quad (7b)$$

$$m = E_d + (m_o - E_d) \times 10^{-k_d} \quad (8)$$

$$m = E_w - (E_w - m_o) \times 10^{-k_w} \quad (9)$$

$$F = 59.5\,(250 - m)/(147.2 + m) \quad (10)$$

The FFMC is calculated as follows:

1. Previous day's F becomes F_o.

2. Calculate m_o from F_o by Equation 1.

3a. If $r_o > 0.5$, calculate r_f by Equation 2.
b. Calculate m_r from r_f and m_o by Equation 3a or 3b.
(i) If $m_o \le 150$, use Equation 3a.
(ii) If $m_o > 150$, use Equation 3b.
c. Then, m_r becomes the new m_o.

4. Calculate E_d by Equation 4.

5a. If $m_o > E_d$, calculate k_d by Equations 6a and 6b.
b. Calculate m by Equation 8.

6. If $m_o < E_d$, calculate E_w by Equation 5.

7a. If $m_o < E_w$, calculate k_w by Equations 7a and 7b.
b. Calculate m by Equation 9.

8. If $E_d \ge m_o \ge E_w$, let $m = m_o$.

9. Calculate F from m by Equation 10. This is today's FFMC.

There are two restrictions in the use of these equations: 1) Equation 3 (a or b) must not be used when $r_o \le 0.5$ mm; that is, in dry weather the rainfall routine must be omitted. 2) m has an upper limit of 250; that is, when Equation 3 (a or b) yields $m_r > 250$, let $m_r = 250$.

DUFF MOISTURE CODE (DMC)

$r_e = 0.92r_o - 1.27,$	$r_o > 1.5$	(11)
$M_o = 20 + e^{(5.6348 - P_o/43.43)}$		(12)
$b = 100/(0.5 + 0.3\ P_o),$	$P_o \leq 33$	(13a)
$b = 14 - 1.3 \ln P_o,$	$33 < P_o \leq 65$	(13b)
$b = 6.2 \ln P_o - 17.2,$	$P_o > 65$	(13c)
$M_r = M_o + 1000r_e/(48.77 + br_e)$		(14)
$P_r = 244.72 - 43.43 \ln (M_r - 20)$		(15)
$K = 1.894\ (T + 1.1)\ (100 - H)\ L_e \times 10^{-6}$		(16)
$P = P_o$ (or P_r) $+ 100K$		(17)

The DMC is calculated as follows:

1. Previous day's P becomes P_o.

2a. If $r_o > 1.5$, calculate r_e by Equation 11.
b. Calculate M_o from P_o by Equation 12.
c. Calculate b by the appropriate one of Equations 13a, 13b, or 13c.
d. Calculate M_r by Equation 14.
e. Convert M_r to P_r by Equation 15. P_r becomes new P_o.

3. Take L_e from Table 1 below.

4. Calculate K by Equation 16.

5. Calculate P from P_o (or P_r) by Equation 17. This is today's DMC.

There are three restrictions on the use of the DMC equations: 1) Equations 11 to 15 are not used unless $r_o > 1.5$; that is, the rainfall routine must be omitted in dry weather. 2) P_r cannot theoretically be less than zero. Negative values resulting from Step 2e above must be raised to zero. 3) Values of T less than -1.1 must not be used in Equation 15. If $T < -1.1$, let $T = -1.1$.

Table 1
Effective daylengths (L_e) for DMC

Month:	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
L_e:	6.5	7.5	9.0	12.8	13.9	13.9	12.4	10.9	9.4	8.0	7.0	6.0

DROUGHT CODE (DC)

$r_d = 0.83r_o - 1.27,$	$r > 2.8$	(18)
$Q_o = 800e^{-D_o/400}$		(19)
$Q_r = Q_o + 3.937r_d$		(20)
$D_r = 400 \ln(800/Q_r)$		(21)
$V = 0.36\ (T + 2.8) + L_f$		(22)
$D = D_o$ (or D_r) $+ 0.5V$		(23)

The DC is calculated as follows:

1. Previous day's D becomes D_o.

2a. If $r_o > 2.8$, calculate r_d by Equation 18.
b. Calculate Q_o from D_o by Equation 19.
c. Calculate Q_r by Equation 20.
d. Convert Q_r to D_r by Equation 21. D_r becomes new D_o.

3. Take L_f from Table 2 below.

4. Calculate V by Equation 22.

5. Calculate D from D_o (or D_r) by Equation 23. This is today's DC.

There are four restrictions on the use of the DC equations: 1) Equations 18 to 21 are not used unless $r_o > 2.8$; that is, in dry weather the rainfall routine must be omitted. 2) D_r cannot theoretically be less than zero. Negative values resulting from Step 2d above must be raised to zero. 3) Values of T less than -2.8 must not be used in Equation 22. If $T < -2.8$, let $T = -2.8$. 4) V cannot be negative. If Equation 22 produces a negative result, let $V = 0$.

Table 2
Daylength factors (L_f) for DC

Month:	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
L_f:	−1.6	−1.6	−1.6	0.9	3.8	5.8	6.4	5.0	2.4	0.4	−1.6	−1.6

INITIAL SPREAD INDEX (ISI)

$$f(W) = e^{0.05039W} \quad (24)$$

$$f(F) = 91.9e^{-0.1386m}[1 + m^{5.31}/(4.93 \times 10^7)] \quad (25)$$

$$R = 0.208\, f(W)\, f(F) \quad (26)$$

BUILDUP INDEX (BUI)

$$U = 0.8\, PD/(P + 0.4D), \quad P \leq 0.4D \quad (27a)$$

$$U = P - [1 - 0.8D/(P + 0.4D)][0.92 + (0.0114P)^{1.7}], \quad P > 0.4D \quad (27b)$$

FIRE WEATHER INDEX (FWI)

$$f(D) = 0.626U^{0.809} + 2, \quad U \leq 80 \quad (28a)$$

$$f(D) = 1000/(25 + 108.64\, e^{-0.023U}), \quad U > 80 \quad (28b)$$

$$B = 0.1\, R\, f(D) \quad (29)$$

$$\ln S = 2.72\,(0.434 \ln B)^{0.647}, \quad B > 1 \quad (30a)$$

$$S = B, \quad B \leq 1 \quad (30b)$$

The ISI, BUI, and FWI are calculated as follows:

1. Calculate f(W) and f(F) by Equations 24 and 25.
2. Calculate R by Equation 26. This is today's ISI.
3. Calculate U by Equation 27a if $P \leq 0.4D$, or by Equation 27b if $P > 0.4D$. This is today's BUI.
4. Calculate f(D) by Equation 28a for values of U up to 80. If $U > 80$, use Equation 28b.
5. Calculate B by Equation 29.
6. If $B > 1$, calculate S from its logarithm, given by Equation 30a. If $B \leq 1$, let $S = B$ according to Equation 30b. S is today's FWI.

DAILY SEVERITY RATING (DSR)

$$DSR = 0.0272\,(FWI)^{1.77} \tag{31}$$

DESCRIPTION OF PROGRAM

The computer program presented here descends from one written by Simard (1970) at the former Forest Fire Research Institute. That program was designed to process weather data from many stations for a whole season. There was provision for missing data and for limits to guard against abnormal weather data. It was a complex program requiring, at the time, considerable computer capacity.

Simard's program was simplified by Engisch and Walker (1971) to handle one season's verified weather data for one station only, eliminating all unnecessary limits. Kean (1975) subsequently revised this program, incorporating several newly developed mathematical changes. However, the decision to convert to metric weather measurements rendered his version obsolete. Information Report PS-X-58 (Van Wagner and Pickett 1975) included the metric successor to Kean's program. The program listed in this report incorporates the mathematical changes described earlier, but is similar in usage to the one in PS-X-58.

To operate this program, enter first the starting month and the number of days of data in that month. For example, if the starting month is April and the first day is April 13, there will be data for 18 days in month 4, and the entry will be 418. Then enter the daily weather observations in order: temperature (°C), relative humidity (%), wind (km/h), and rain (mm). Temperature and rain are entered to the first decimal place; relative humidity and wind are entered in whole numbers. The option of entering weather data in Imperial units is provided, but the output converts them to metric.

The standard starting values of the three fuel moisture codes, namely FFMC 85, DMC 6, and DC 15, are incorporated in the program. However, the option of entering any desired starting values is also provided.

The output is listed in twelve columns: date (month and day), the four kinds of weather data, the three fuel moisture codes (FFMC, DMC, DC), the three fire behavior indexes (ISI, BUI, FWI), and the Daily Severity Rating (DSR). The computer stops automatically after the last day's weather. The program includes no limits on the input data other than those needed to prevent mathematical anomalies. All moisture codes are carried from day to day in precise floating-point format, as are all intermediate quantities leading to the daily FWI. The output is thus in the purest possible mathematical form and constitutes a reference against which calculations from other computer programs or from the FWI System Tables (Canadian Forestry Service 1984) may be compared.

The main uses of this standard program[1] are for development work on the FWI System, and for reference purposes as described previously. Operational programs designed for processing daily weather observations from many stations throughout a fire season will naturally have different input and output arrangements.

Two points warrant comment. The first is the degree of precision necessary when printing out the daily codes and indexes. The standard program rounds all codes and indexes to the nearest tenth, and prints them out to one decimal place. However, whole-number (i.e., integer) output is, no doubt, adequate for most operational purposes. In certain cases, the first decimal may be desirable for the FFMC (especially above 90), and for the ISI (especialy below 10). The DSR is given to two decimal places, and is best used in that form.

The second comment refers to the precision with which the three moisture codes (FFMC, DMC, and DC) are carried over from day to day. The standard program carries over each day's code values in full floating-point format, equivalent to about seven significant figures (four or five decimal places). However, if computer storage capacity is a limiting factor, something less than perfect accuracy in output may be acceptable in operational use. Trials were made at three reduced levels of the precision to which the three moisture codes are carried over from day to day: 1) two decimals, 2) one decimal, and 3) integers. The results of two seasons' tests, as percentage of error-days in the output of each code and index, are listed in Table 3.

[1]Designated Program F-32 (August 30, 1984). Enquiries may be directed to the Petawawa National Forestry Institute, Canadian Forestry Service, Chalk River, Ontario K0J 1J0

Table 3
Percent of days in which whole-number output of the FWI System components is in error at three levels of precision in the carryover of moisture codes from day to day. Compared with standard floating-point precision.

Component	2-decimal carryover	1-decimal carryover	Integer carryover (no decimals)			
	% of days in error by 1	% of days in error by 1	% of days in error by 1	2	3	1 or more
FFMC	—	1.9	6.2	—	—	6.2
DMC	0.5	4.3	41.8	4.9	—	46.7
DC	8.1	5.2	41.3	1.4	1.6	44.3
ISI	—	0.5	3.3	—	—	3.3
BUI	—	3.5	36.1	8.2	1.4	45.7
FWI	—	0.5	9.5	—	—	9.5

Conclusions to be drawn from Table 3 are:

1. Carrying over the moisture codes with two decimal places provides nearly perfect accuracy of output except for occasional one-integer errors in the DC, which are of little consequence.

2. Carrying over one decimal place may be precise enough for some operational use. For example, one-integer errors would occur in the DMC on about one day in 25, in the FFMC on about one day in 50, and in the FWI on about one day in 200.

3. Carrying over the moisture codes as integers produces a generally inaccurate output, and is not recommended.

Of all the six components, the DC is the only one to exhibit an anomalous pattern in Table 3. Because the DC has limited power of self-correction in the mathematical sense compared with the FFMC and DMC, it tends to slip out of tune by one digit and to remain so for days on end. Considerably more sampling would be needed to establish its average pattern.

The standard program for the FWI System is listed in the following pages, followed by samples of input and output.

SYMBOLS IN THE PROGRAM

WEATHER

T	– temperature, °C
H	– relative humidity, %
W	– wind, km/h
R,RA	– rain, mm

FINE FUEL MOISTURE CODE (FFMC)

FO	– starting or yesterday's FFMC
WMO	– starting moisture content
WM	– today's final moisture content
ED	– EMC for drying
EW	– EMC for wetting
Z	– intermediate value of X
X	– log drying or wetting rate
FFM	– today's FFMC

DUFF MOISTURE CODE (DMC)

PO	– starting or yesterday's DMC
RK	– drying factor
EL(J)	– effective daylength for month J
RW	– effective rain
PR	– DMC after rain
WMI	– initial moisture content
WMR	– moisture content after rain
B	– function in rain effect

DROUGHT CODE (DC)

DOT	– starting or yesterday's DC
PE	– drying factor
FL(J)	– daylength factor for month J
RW	– effective rain
SMI	– moisture equivalent of DC
DR	– DC after rain

FIRE BEHAVIOR INDEXES (ISI, BUI, FWI)

FM	– today's fine fuel moisture content
SF	– fine fuel moisture function
SI	– ISI
P	– ratio function to correct BUI when less than DMC
CC	– DMC function to correct BUI when less than DMC
BB	– intermediate form of FWI
SL	– logarithm of final FWI
DSR	– Daily Severity Rating

PROGRAM F-32

```
C      PROGRAM NO.: F-32
C
C      STANDARD 1984 VERSION OF CANADIAN FOREST FIRE WEATHER INDEX SYSTEM
C      AS OF 30-AUGUST-1984.
C
C      WRITTEN IN FORTRAN 77 FOR DEC-PDP-11/44 AT PNFI.
C
C      READS WEATHER DATA IN EITHER ENGLISH OR METRIC UNITS AND PRINTS
C      OUT IN METRIC ONLY.
C
C      CODES AND INDEXES OUTPUT ALL TO ONE DECIMAL PLACE.
C      DAILY SEVERITY RATING OUTPUT TO TWO DECIMAL PLACES.
C
C      LMON = LENGTH OF MONTHS
C      EL = DMC DAY LENGTH FACTORS
C      FL = DC DAY LENGTH FACTORS
C
       DIMENSION LMON(12), EL(12), FL(12),AST(2),TITLE(20)
       LOGICAL*1 DAT(9),YES,YES1,ANS,ANS1
       LOGICAL *1 INFMT(40)
       TYPE 5
     5 FORMAT(' INPUT FILENAME: eg: SAMPLE.DAT  ',$)
       ACCEPT 10, INFMT
    10 FORMAT(40A1)
       INFMT(40)=0
       OPEN(UNIT=1,NAME=INFMT,TYPE='OLD',READONLY)
       OPEN(UNIT=2,STATUS='NEW',NAME='F32OUT.DAT')
       DATA LMON /31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31/
       DATA EL /6.5,7.5,9.0,12.8,13.9,13.9,12.4,10.9,9.4,8.0,7.0,
      *6.0/
       DATA FL /-1.6,-1.6,-1.6,.9,3.8,5.8,6.4,5.0,2.4,.4,-1.6,-1.6/
       DATA AST /' ','*'/
       DATA ANS /'Y'/
       TYPE 15
    15 FORMAT(//1X,'ENTER VIA KEYBOARD EITHER 0 OR 1 '/1X'......0
      * IF DATA IS IN METRIC UNITS'/1X' OR 1 IF DATA IS IN
      * ENGLISH UNITS')
       READ(5,*) IUNIT
C
C      20 - METRIC FORMAT, 25 - ENGLISH FORMAT.
C
    20 FORMAT(F4.1,2I4,F5.1)
    25 FORMAT(F4.0,2I4,F5.2)
C
C      READS IN STATION & YEAR.
C
       READ(1,30) TITLE
    30 FORMAT(20A4)
C
C      THIS SECTION ALLOWS FOR INITIAL VALUES OF FFMC, DMC, DC TO BE OPTIONAL.
C
       FO=85.0
       PO=6.0
       DOT=15.0
       TYPE 35
    35 FORMAT(' FFMC=85.0, DMC=6.0, DC=15.0; DO YOU WISH TO USE THESE
      * INITIAL STANDARD VALUES? [Y/N] '$)
       ACCEPT 10,ANS1
       IF(ANS1.EQ.ANS) GO TO 55
       TYPE 40
```

```
   40 FORMAT(' FFMC (F4.1): ',$)
      ACCEPT 20,FO
      TYPE 45
   45 FORMAT(' DMC (F4.1): ',$)
      ACCEPT 20,PO
      TYPE 50
   50 FORMAT(' DC (F4.1): ',$)
      ACCEPT 20,DOT
C
C     READS STARTING MONTH OF THE YEAR AND NUMBER OF DAYS IN STARTING
C     MONTH.
C
   55 READ(1,60)  M, NDAYS
   60 FORMAT(I1,I2)
      WRITE(2,65)
   65 FORMAT(1H1'PROGRAM NO.: F-32')
      CALL DATE(DAT)
      WRITE(2,70) DAT,TITLE
   70 FORMAT(1X,9A1///1X,20A4//)
      WRITE(2,75) FO,PO,DOT
   75 FORMAT(' INITIAL VALUES FOR FFMC:',F5.1,', DMC:',F5.1,', DC:',F5.1,
     *//)
      DO 290 J=M,12
      NN=LMON(J)
      IF(J.EQ.M) GO TO 80
      IDAYS=1
      GO TO 85
   80 IDAYS=LMON(J)-NDAYS+1
C
C     READS DAILY WEATHER DATA
C
   85 IAST=1
      DO 290 I=IDAYS,NN
      IF(IUNIT.EQ.0) GO TO 90
      READ(1,25,END=295) T,IH,IW,R
      W=IW
      GO TO 95
   90 READ(1,20,END=295) T,IH,IW,R
      W=IW
   95 IF(IUNIT.EQ.0) GO TO 100
      T=(T-32.)*5./9.
      W=W*1.609
      R=R*25.4
  100 TX=T
      H=IH
```

```
      RAIN=R
      IF(IAST.GT.1) GO TO 110
      WRITE(2,105)
  105 FORMAT(///,1X,'  DATE  TEMP  RH   WIND  RAIN
     *   FFMC   DMC    DC
     *    ISI   BUI   FWI     DSR'/)
C
C     FINE FUEL MOISTURE CODE
C
  110 WMO=(147.2*(101-FO))/(59.5+FO)
      IF(R.GT.0.5) GO TO 115
      GO TO 125
  115 RA=R-.5
      IF(WMO.GT.150.) GO TO 120
      WMO=WMO+42.5*RA*EXP(-100./(251.-WMO))*(1.-EXP(-6.93/RA))
      GO TO 125
  120 WMO=(WMO+42.5*RA*EXP(-100./(251.-WMO))*(1.-EXP(-6.93/RA)))+
     *(0.0015*(WMO-150.)**2)*RA**.5
  125 IF(WMO.GT.250.) WMO=250.
      ED=0.942*(H**0.679)+(11.*EXP((H-100.)/10.))+0.18*(21.1-T)
     **(1.-1./EXP(0.115*H))
      IF(WMO-ED) 130,135,140
  130 EW=.618*(H**.753)+(10.*EXP((H-100.)/10.))+.18*(21.1-T)
     **(1.-1./EXP(0.115*H))
      IF(WMO.LT.EW) GO TO 145
  135 WM=WMO
      GO TO 150
  140 Z=0.424*(1.-(H/100.)**1.7)+(0.0694*(W**0.5))*(1.-(H/100.)**8)
      X=Z*(0.581*(EXP(0.0365*T)))
      WM=ED+(WMO-ED)/10.**X
      GO TO 150
  145 Z=.424*(1.-((100.-H)/100.)**1.7)+(.0694*(W**.5))*(1.-((100.-H)
     */100.)**8)
      X=Z*(.581*(EXP(.0365*T)))
      WM=EW-(EW-WMO)/10.**X
  150 FFM=(59.5*(250.-WM))/(147.2+WM)
      IF(FFM.GT.101.) GO TO 155
      IF(FFM) 160,165,165
  155 FFM=101.
      GO TO 165
  160 FFM=0.0
C
C     DUFF MOISTURE CODE
C
  165 IF(T+1.1.GE.0.) GO TO 170
      T=-1.1
  170 RK=1.894*(T+1.1)*(100.-H)*(EL(J)*0.0001)
  175 IF(R.GT.1.5) GO TO 180
      PR=PO
      GO TO 205
  180 RA=R
      RW=0.92*RA-1.27
      WMI=20.0+280./EXP(0.023*PO)
      IF(PO.LE.33.) GO TO 185
      IF(PO-65.) 190,190,195
  185 B=100./(0.5+0.3*PO)
      GO TO 200
  190 B=14.-1.3*ALOG(PO)
      GO TO 200
  195 B=6.2*ALOG(PO)-17.2
  200 WMR=WMI+(1000.*RW)/(48.77+B*RW)
      PR=43.43*(5.6348-ALOG(WMR-20.))
  205 IF(PR.GE.0.) GO TO 210
      PR=0.0
  210 DMC=PR+RK
C
```

```
C      DROUGHT CODE
C
       IF(T+2.8.GE.0.) GO TO 215
       T=-2.8
  215  PE=(.36*(T+2.8)+FL(J))/2.
       IF(R.LE.2.8) GO TO 225
       RA=R
       RW=0.83*RA-1.27
       SMI=800.*EXP(-DOT/400.)
       DR=DOT-400.*ALOG(1.+((3.937*RW)/SMI))
       IF(DR.GT.0.) GO TO 220
       DR=0.0
  220  DC=DR+PE
       GO TO 230
  225  DR=DOT
       GO TO 220
  230  IF(DC.GE.0.) GO TO 235
       DC=0.0
C
C      INITIAL SPREAD INDEX, BUILDUP INDEX, FIRE WEATHER INDEX
C
  235  FM=(147.2*(101.-FFM))/(59.5+FFM)
       SF=19.115*EXP(FM*(-.1386))*(1.+(FM**5.31)/4.93E07)
       SI=SF*EXP(0.05039*W)
  240  IF(DMC.EQ.0.0.AND.DC.EQ.0.0) GO TO 245
       BUI=(0.8*DC*DMC)/(DMC+0.4*DC)
       GO TO 250
  245  BUI=0.
  250  IF(BUI.GE.DMC) GO TO 255
       P=(DMC-BUI)/DMC
       CC=0.92+(0.0114*DMC)**1.7
       BUI=DMC-(CC*P)
       IF(BUI.LT.0.) BUI=0.
  255  IF(BUI.GT.80.) GO TO 260
       BB=0.1*SI*(0.626*BUI**0.809+2.)
       GO TO 265
  260  BB=0.1*SI*(1000./(25.+108.64/EXP(0.023*BUI)))
  265  IF(BB-1.0.LE.0.) GO TO 270
       SL=2.72*(0.434*ALOG(BB))**0.647
       FWI=EXP(SL)
       GO TO 275
  270  FWI=BB
  275  DSR = 0.0272*FWI**1.77
  280  WRITE(2,285) J,I,TX,IH,IW,RAIN,FFM,DMC,DC,SI,BUI,FWI,DSR
  285  FORMAT(1X,2I3,F6.1,I4,I6,F7.1,F7.1,F6.1,F7.1,3F6.1,F8.2)
       FO=FFM
       PO=DMC
       DOT=DC
       IAST=IAST+1
  290  CONTINUE
  295  WRITE(5,300)
  300  FORMAT(/1X'OUTPUT IN F32OUT.DAT AND MUST BE SPOOLED
     * TO THE LINE PRINTER.'//)
  305  STOP
       END
```

SAMPLE OF INPUT

```
FWI TEST DATA APRIL 13 TO MAY 31
418
 17.   42   25          - April 13
 20.   21   25 2.4
 8.5   40   17
 6.5   25    6
 13.   34   24
 6.0   40   22 0.4
 5.5   52    6
 8.5   46   16
 9.5   54   20
 7.0   93   14 9.0
 6.5   71   17 1.0
 6.0   59   17
 13.   52    4
15.5   40   11
 23.   25    9
 19.   46   16          - April 30
 18.   41   20          - May 1
14.5   51   16
14.5   69   11
15.5   42    8
 21.   37    8
 23.   32   16
 23.   32   14
 27.   33   12
 28.   17   27
23.5   54   20
 16.   50   2212.2
11.5   58   20
 16.   54   16
21.5   37    9
 14.   61   22 0.2
 15.   30   27
 20.   23   11
 14.   95    316.4
 20.   53    4 2.8
19.5   30   16
25.5   51   20 6.0
 10.   38   24
 19.   27   16
 26.   46   11 4.2
 30.   38   22
25.5   67   1912.6
 12.   53   2811.8
 21.   38    8
 13.   70   20 3.8
  9.   78   24 1.4
 11.   54   16
15.5   39    9
 18.   36    5          - May 31
```

4 indicates starting month, in this case April.
18 indicates no. of days in starting month.

Temperature °C | Relative Humidity % | Wind km/h | Rain mm

SAMPLE OF OUTPUT

PROGRAM NO.: F-32
12-FEB-85

FWI TEST DATA APRIL 13 TO MAY 31

INITIAL VALUES FOR FFMC: 85.0, DMC: 6.0, DC: 15.0

DATE	TEMP	RH	WIND	RAIN	FFMC	DMC	DC	ISI	BUI	FWI	DSR
4 13	17.0	42	25	0.0	87.7	8.5	19.0	10.9	8.5	10.1	1.63
4 14	20.0	21	25	2.4	86.2	10.4	23.6	8.8	10.4	9.3	1.40
4 15	8.5	40	17	0.0	87.0	11.8	26.1	6.5	11.7	7.6	0.98
4 16	6.5	25	6	0.0	88.8	13.2	28.2	4.9	13.1	6.2	0.68
4 17	13.0	34	24	0.0	89.1	15.4	31.5	12.6	15.3	14.8	3.22
4 18	6.0	40	22	0.4	88.7	16.5	33.5	10.7	16.4	13.5	2.71
4 19	5.5	52	6	0.0	87.4	17.2	35.4	4.0	17.1	5.9	0.62
4 20	8.5	46	16	0.0	87.4	18.5	37.9	6.6	18.4	9.7	1.50
4 21	9.5	54	20	0.0	86.8	19.7	40.6	7.4	19.6	11.0	1.89
4 22	7.0	93	14	9.0	29.9	10.1	29.5	0.0	10.9	0.0	0.00
4 23	6.5	71	17	1.0	49.4	10.7	31.6	0.4	11.6	0.2	0.00
4 24	6.0	59	17	0.0	67.3	11.4	33.7	1.3	12.3	0.9	0.02
4 25	13.0	52	4	0.0	77.8	13.0	37.0	1.1	13.9	0.8	0.02
4 26	15.5	40	11	0.0	85.5	15.4	40.7	3.9	15.9	5.5	0.56
4 27	23.0	25	9	0.0	91.5	19.8	45.8	8.4	19.8	12.2	2.27
4 28	19.0	46	16	0.0	89.9	22.5	50.2	9.5	22.4	14.3	3.02
4 29	18.0	41	20	0.0	90.0	25.2	54.4	11.7	25.1	17.7	4.40
4 30	14.5	51	16	0.0	88.4	27.0	57.9	7.7	27.0	13.3	2.65
5 1	14.5	69	11	0.0	85.7	28.3	63.0	4.0	28.2	8.0	1.08
5 2	15.5	42	8	0.0	87.4	30.8	68.2	4.4	30.8	9.1	1.35
5 3	21.0	37	8	0.0	89.4	34.5	74.3	5.9	34.4	12.3	2.30
5 4	23.0	32	16	0.0	91.0	38.8	80.9	11.1	38.7	21.0	5.96
5 5	23.0	32	14	0.0	91.2	43.1	87.4	10.3	43.0	21.1	5.99
5 6	27.0	33	12	0.0	91.7	48.1	94.7	9.9	47.9	21.7	6.30
5 7	28.0	17	27	0.0	95.2	54.5	102.1	34.5	54.3	52.6	30.20
5 8	23.5	54	20	0.0	89.7	57.4	108.8	11.3	57.2	25.9	8.61
5 9	16.0	50	22	12.2	62.2	29.9	91.8	1.4	33.0	3.0	0.19
5 10	11.5	58	20	0.0	76.7	31.3	96.3	2.3	34.5	5.4	0.55
5 11	16.0	54	16	0.0	83.5	33.4	101.6	3.8	36.7	8.9	1.31
5 12	21.5	37	9	0.0	88.7	37.1	107.8	5.6	39.9	12.8	2.46
5 13	14.0	61	22	0.2	86.7	38.7	112.8	8.1	41.6	17.3	4.24
5 14	15.0	30	27	0.0	89.6	41.7	117.9	15.9	44.2	28.8	10.44
5 15	20.0	23	11	0.0	92.1	45.9	123.9	10.1	47.7	21.9	6.40
5 16	14.0	95	3	16.4	21.3	20.1	97.0	0.0	26.5	0.0	0.00
5 17	20.0	53	4	2.8	51.0	18.3	103.0	0.2	25.3	0.2	0.00
5 18	19.5	30	16	0.0	82.3	22.1	108.9	3.3	29.3	6.8	0.81
5 19	25.5	51	20	6.0	75.4	16.4	106.4	2.1	23.7	3.8	0.29
5 20	10.0	38	24	0.0	84.3	18.2	110.6	6.4	25.8	11.3	1.99
5 21	19.0	27	16	0.0	90.3	22.1	116.4	10.0	29.9	17.2	4.19
5 22	26.0	46	11	4.2	77.6	18.7	117.7	1.6	26.8	2.9	0.18
5 23	30.0	38	22	0.0	90.2	23.8	125.5	13.4	32.3	22.0	6.49
5 24	25.5	67	19	12.6	65.3	13.1	108.5	1.4	20.2	1.9	0.08
5 25	12.0	53	28	11.8	55.4	7.7	91.6	1.2	12.8	0.8	0.02
5 26	21.0	38	8	0.0	80.8	11.3	97.8	1.9	17.6	2.6	0.14
5 27	13.0	70	20	3.8	61.7	8.4	97.9	1.2	13.8	0.9	0.02
5 28	9.0	78	24	1.4	64.5	9.0	101.9	1.7	14.7	2.0	0.09
5 29	11.0	54	16	0.0	77.6	10.5	106.3	2.0	16.8	2.8	0.17
5 30	15.5	39	9	0.0	85.4	13.1	111.5	3.5	20.3	5.8	0.61
5 31	18.0	36	5	0.0	88.5	16.3	117.1	4.4	24.2	7.9	1.06

REFERENCES

Canadian Forestry Service. 1984. Tables for the Canadian Forest Fire Weather Index System. Environ. Can., Can. For. Serv., For. Tech. Rep. 25 (4th ed.). 48 p.

Engisch, R.L.; Walker, J.D. 1971. PDP-8L version of Simard's Fire Weather Index Program. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Forest Exp. Sta., Intern. Rep. PS-23. 10 p.

Kean, W.A. 1975. A PDP-8L program for calculating the Fire Weather Index. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Forest Exp. Sta., Inf. Rep. PS-X-57. 12 p.

Simard, A.J. 1970. Computer program to calculate the Canadian Forest Fire Weather Index. Environ. Can., Can. For. Serv., Forest Fire Res. Inst., Intern. Rep. FF-12. 18 p.

Van Wagner, C.E. 1970. Conversion of Williams' severity rating for use with the Fire Weather Index. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Forest Exp. Sta., Inf. Rep. PS-X-21. 5 p.

Van Wagner, C.E. 1974. Structure of the Canadian Forest Fire Weather Index. Environ. Can., Can. For. Serv., Pub. No. 1333. 44 p.

Van Wagner, C.E. 1977. A method of computing fine fuel moisture content throughout the diurnal cycle. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Forest Exp. Sta. Inf. Rep. PS-X-69. 15 p.

Van Wagner, C.E.; Pickett, T.L. 1975. Equations and Fortran IV program for the 1976 metric version of the Forest Fire Weather Index. Can. For. Serv., Petawawa Forest Exp. Sta., Inf. Rep. PS-X-58. 20 p.

Équations et programme FORTRAN de l'Indice Forêt-Météo de la méthode canadienne

Canada

Gouvernement du Canada
Service canadien des forêts

Government of Canada
Canadian Forestry Service

SERVICE CANADIEN DES FORÊTS
GOUVERNEMENT DU CANADA

Le Service canadien des forêts (SCF) réunit la majorité des spécialistes fédéraux en foresterie. Son objectif général est de promouvoir l'aménagement et l'utilisation judicieux des ressources forestières du Canada pour le plus grand bien économique, social et environnemental des Canadiens.

Voici les principales fonctions du SCF:

1. Coordonner les politiques fédérales afin de favoriser l'amélioration de la gestion des ressources et l'expansion de l'industrie forestière.
2. Fournir une orientation scientifique et technologique dans le domaine de la foresterie, par la recherche et le développement.
3. Fournir et analyser les statistiques et l'information nationales et internationales qui serviront à établir les politiques.
4. Mettre au point et homologuer des codes et des normes en matière de rendement des produits du bois.
5. Protéger les forêts canadiennes en luttant contre les ravageurs étrangers.
6. Parrainer l'utilisation éventuelle des ressources forestières pour la production d'énergie.
7. Adhérer aux objectifs environnementaux du Service canadien des forêts.

Divers organismes fédéraux participent aux programmes forestiers, et un comité de la stratégie forestière fédérale a été créé pour coordonner les activités fédérales en matière de foresterie. Le SCF a été désigné organisme directeur.

Le Service canadien des forêts comprend une administration centrale, six centres de recherches forestières et deux instituts nationaux. Les centres de recherches forestières doivent répondre aux impératifs régionaux et entretenir une liaison étroite avec les ministères provinciaux des Forêts. Ils participent également à des programmes nationaux dont ils assument fréquemment la direction. Les instituts nationaux sont les foyers des programmes d'envergure nationale.

Équations et programme FORTRAN de l'Indice Forêt-Météo de la méthode canadienne

C.E. Van Wagner et T.L. Pickett
Institut forestier national de Petawawa

Service canadien des forêts
Gouvernement du Canada
Rapport technique de foresterie 33F
Ottawa, 1985

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada, 1985

ISBN 0-662-93118-1
Nº de catalogue Fo64-33/1985F

Des exemplaires de cette publication peuvent être obtenus sans frais à l'adresse suivante:

Environnement Canada
Centre de distribution
151, Jean-Proulx
Ottawa (Ontario)
K1A 1C7

This publication is also available in English under the title *Equations and FORTRAN Program for the Canadian Forest Fire Weather Index System*.

Table des matières

	Page
Résumé	IV
Abstract	IV
Introduction	1
Symboles utilisés dans les équations	3
Équations et méthodes de calcul	5
Description du programme	9
Symboles utilisés dans le programme	11
Programme F-32F	12
Exemple de données d'entrée	16
Exemple de résultats	17
Ouvrages de références	18

RÉSUMÉ

Ce rapport présente, en complément de l'Indice Forêt-Météo de la méthode canadienne, des équations connues qu'on a retouchées. Ces précisions mathématiques veulent rendre l'indice du combustible léger plus rationnel et davantage compatible avec les nouveaux développements que connaît la Méthode canadienne d'évaluation des dangers d'incendie de forêt. Il s'agit de changements mineurs qui ne devraient pas entraîner de problème dans l'utilisation de la méthode. Le rapport présente également un programme FORTRAN qui se veut une base pour traiter les équations dans le plus pur langage mathématique.

ABSTRACT

Improved official equations are presented for the 1984 version of the Canadian Forest Fire Weather Index System. The most recent mathematical refinements serve to further rationalize the Fine Fuel Moisture Code and render it more compatible with other developments in the Canadian Forest Fire Danger Rating System. The effect of these changes is so slight that no problems are anticipated in converting from the previous version to this new one. Also given is a FORTRAN program intended as a standard for processing the equations in their most accurate mathematical form.

Introduction

Le présent rapport accompagne la quatrième édition des tables de l'Indice Forêt-Météo de la méthode canadienne (Service canadien des forêts, 1984). Il présente les équations sur lesquelles est fondée cette nouvelle édition, ainsi qu'un programme permettant le calcul de l'Indice Forêt-Météo (IFM). Ce programme est écrit en FORTRAN 77, pour être exécuté sur un ordinateur DEC PDP-11/44. Il est possible de l'adapter à un grand nombre d'ordinateurs plus petits.

Ce rapport remplace le rapport d'information PS-X-58 (Van Wagner et Pickett, 1975[1]) qui présentait les équations de la version 1976 de l'IFM. Van Wagner (1974) a décrit la structure de l'IFM ainsi que la façon dont cet indice a été élaboré dans la publication nº 1333 du Service canadien des forêts, mais les calculs utilisés dans ce rapport sont en partie caducs. Une nouvelle version de cette publication sera bientôt éditée.

La version 1976 de l'IFM comporte les changements mathématiques suivants par rapport à la version originale de 1970:

1. Changement dans l'équation donnant la teneur en eau à l'équilibre (TEE) pendant une phase de mouillage dans l'indice du combustible léger (ICL), pour éliminer une anomalie lorsque l'humidité relative (HR) est très élevée.

2. Remplacement de la correction de température originale dans l'ICL par deux corrections distinctes sur la TEE et la vitesse de dessèchement.

3. Augmentation de la quantité de pluie éliminée dans l'indice de sécheresse (IS) de 1,524 mm à 2,8 mm.

4. Modification du facteur combustible disponible, f(D), aux valeurs supérieures à 80 de l'indice du combustible disponible (ICD), afin de permettre à l'IFM de se stabiliser en cas d'extrême sécheresse.

   Nota: D'autres acronymes et symboles sont définis à l'annexe 1.

Les autres changements mathématiques apparaissant dans la présente version rationalisent davantage la structure de l'ICL. Cet indice s'est révélé adéquat, mais des modifications apportées à la Méthode canadienne d'évaluation des dangers d'incendie de forêt (MCEDIF), dont l'IFM fait partie, ont rendu nécessaires a) une conversion réaliste de la valeur de l'indice à la teneur en eau réelle du combustible, b) une base commune pour l'ICL journalier normal et l'indice horaire sur 24 heures (Van Wagner 1977) et c) une possibilité de modifier rapidement les calculs dans les cas particuliers. En conséquence, les changements suivants ont été apportés à l'ICL:

1. Une nouvelle échelle d'humidité, l'échelle FF, avec une teneur en eau maximale plus élevée (250 % au lieu de 101 %).

2. Une nouvelle équation sur l'effet de la pluie basée sur la teneur en eau plutôt que sur l'indice.

3. Une vitesse de dessèchement corrigée basée sur la teneur en eau exprimée par la nouvelle échelle d'humidité, mais qui ne change pas le taux de variation de la valeur de l'indice.

4. Une vitesse de mouillage variable lorsque la TEE est supérieure à la teneur en eau initiale, à la place de la vitesse fixe utilisée auparavant.

5. Une correction du facteur combustible léger, f(F), dans l'indice de propagation initiale (IPI), pour qu'il y ait correspondance avec la nouvelle échelle de conversion de l'humidité.

[1]C.E. Van Wagner est chercheur et T.L. Pickett programmeur à l'Institut forestier national de Petawawa, dont l'adresse est: Chalk River (Ontario) K0J 1J0.

Ces modifications n'entraînent que très peu de différences dans les résultats du système d'équations. Cela signifie que les variations sur les indices obtenus seront suffisamment faibles pour qu'on puisse continuer d'utiliser sans interruption les valeurs journalières des indices et pour que la continuité statistique des données annuelles soit préservée.

Comme auparavant, le programme permet le calcul des indices d'une saison entière en une seule fois, mais pour une station seulement. Son but principal est de montrer comment programmer les équations de façon à obtenir les résultats dans la forme mathématique la plus pure possible, sans contraintes ou limites artificielles autres que celles qu'impose la nature des équations. Il vise à servir d'étalon auquel on pourra comparer les résultats d'autres programmes.

La version 1984 (comme la version précédente) comprend le calcul de l'indice journalier de sévérité (IJS) tel que décrit par Van Wagner (1970). L'IJS est une fonction de l'IFM définie spécialement pour le calcul de moyennes sur une période choisie en un endroit donné ou dans une zone donnée à partir d'un nombre quelconque de stations. On considère que l'IFM, ne convient pas pour le calcul des moyennes et qu'il doit être utilisé seulement comme valeur journalière. La moyenne de l'IJS pour toute une saison, par exemple, serait appelé l'indice saisonnier de sévérité (ISS) et servirait à comparer les conditions météo-incendie d'une année à l'autre ou d'un endroit à l'autre.

Symboles utilisés dans les équations

Toutes les grandeurs utilisées dans les équations numérotées sont représentées dans la liste qui suit par des lettres uniques, quelquefois accompagnées d'un indice. Les symboles sont regroupés suivant leur place dans l'ensemble. Toutes les teneurs en eau sont des pourcentages calculés en fonction de la masse sèche. Midi est l'heure normale.

Météo

T	– température à midi, °C
H	– humidité relative à midi, %
W	– vitesse du vent à midi, km/h
r_o	– précipitation mesurée tous les jours à midi dans un endroit dégagé, mm d'eau
r_f	– précipitation réelle, ICL
r_e	– précipitation réelle, IH
r_d	– précipitation réelle, IS

Indice du combustible léger (ICL)

m_o	– teneur en eau du combustible léger le jour précédent
m_r	– teneur en eau du combustible léger après la pluie
m	– teneur en eau du combustible léger après dessèchement
E_d	– TEE du combustible léger pour le dessèchement
E_w	– TEE du combustible léger pour le mouillage
k_o	– valeur intermédiaire dans le calcul de k_d
k_d	– vitesse de dessèchement logarithmique, ICL, $\log_{10}$m/jour
k_l	– valeur intermédiaire dans le calcul de k_w
k_w	– vitesse de mouillage logarithmique, $\log_{10}$m par jour
F_o	– ICL de la veille
F	– ICL

Indice de l'humus (IH)

M_o	– teneur en eau de l'humus le jour précédent
M_r	– teneur en eau de l'humus après la pluie
M	– teneur en eau de l'humus après le dessèchement
K	– vitesse de dessèchement logarithmique, IH, $\log_{10}$m/jour
L_e	– longueur réelle de la journée dans IH, heures
b	– facteur pente dans l'effet de la pluie sur IH
P_o	– IH de la veille
P_r	– IH après la pluie
P	– IH

Indice de sécheresse (IS)	
Q	– humidité équivalente de IS, multiples de 0,254 mm
Q_o	– humidité équivalente de l'IS de la veille
Q_r	– humidité équivalente après la pluie
V	– évapotranspiration potentielle, multiples de 0,254 mm d'eau par jour
L_f	– coefficient de la longueur du jour dans IS
D_o	– IS de la veille
D_r	– IS après la pluie
D	– IS
Indice de comportement de l'incendie (IPI, ICD, IFM)	
f(W)	– facteur vent
f(F)	– facteur humidité du combustible léger
f(D)	– facteur humidité de l'humus
R	– indice de propagation initiale (IPI)
U	– indice du combustible disponible (ICD)
B	– IFM (forme intermédiaire)
S	– IFM (forme finale)
Indice de sévérité	
IJS	– indice journalier de sévérité

Équations et méthodes de calcul

Indice du combustible léger (ICL)

$$m_o = 147{,}2\,(101 - F_o)/(59{,}5 + F_o) \quad (1)$$

$$r_f = r_o - 0{,}5, \qquad r_o > 0{,}5 \quad (2)$$

$$m_r = m_o + 42{,}5\,r_f\,(e^{-100/(251-m_o)})(1 - e^{-6{,}93/r_f}), \qquad m_o \leq 150 \quad (3a)$$

$$m_r = m_o + 42{,}5\,r_f\,(e^{-100/(251-m_o)})(1 - e^{-6{,}93/r_f}) + 0{,}0015\,(m_o - 150)^2\,r_f^{0{,}5}, \qquad m_o > 150 \quad (3b)$$

$$E_d = 0{,}942\,H^{0{,}679} + 11e^{(H-100)/10} + 0{,}18\,(21{,}1 - T)(1 - e^{-0{,}115H}) \quad (4)$$

$$E_w = 0{,}618\,H^{0{,}753} + 10e^{(H-100)/10} + 0{,}18\,(21{,}1 - T)(1 - e^{-0{,}115H}) \quad (5)$$

$$k_o = 0{,}424\left[1 - (H/100)^{1{,}7}\right] + 0{,}0694\,W^{0{,}5}\left[1 - (H/100)^8\right] \quad (6a)$$

$$k_d = k_o \times 0{,}581\,e^{0{,}0365T} \quad (6b)$$

$$k_1 = 0{,}424\left[1 - \left(\frac{100 - H}{100}\right)^{1{,}7}\right] + 0{,}0694\,W^{0{,}5}\left[1 - \left(\frac{100 - H}{100}\right)^8\right] \quad (7a)$$

$$k_w = k_1 \times 0{,}581\,e^{0{,}0365T} \quad (7b)$$

$$m = E_d + (m_o - E_d) \times 10^{-k_d} \quad (8)$$

$$m = E_w - (E_w - m_o) \times 10^{-k_w} \quad (9)$$

$$F = 59{,}5\,(250 - m)/(147{,}2 + m) \quad (10)$$

L'ICL se calcule de la façon suivante:

1. F de la veille devient F_o.

2. Calculer m_o en fonction de F_o à l'aide de l'équation 1.

3a. Si $r_o > 0.5$, calculer r_f à l'aide de l'équation 2.
b. Calculer m_r en fonction de r_f et m_o à l'aide de l'équation 3a ou 3b.
(i) si $m_o \leq 150$, utiliser l'équation 3a.
(ii) si $m_o > 150$, utiliser l'équation 3b.
c. m_r devient alors le nouveau m_o.

4. Calculer E_d à l'aide de l'équation 4.

5a. Si $m_o > E_d$, calculer k_d à l'aide des équations 6a et 6b.
b. Calculer m à l'aide de l'équation 8.

6. Si $m_o < E_d$, calculer E_w à l'aide de l'équation 5.

7a. Si $m_o < E_w$, calculer k_w à l'aide des équations 7a et 7b.
b. Calculer m à l'aide de l'équation 9.

8. Si $E_d \geq m_o \geq E_w$, prendre $m = m_o$.

9. Calculer F en fonction de m à l'aide de l'équation 10. On obtient l'ICL de la journée.

L'utilisation de ces équations comporte deux restrictions:

- L'équation 3 (a ou b) ne s'applique pas lorsque $r_o \leq 0{,}5$ mm; cela signifie que, par temps sec, le sous-programme précipitation doit être omis.
- m a une limite supérieure de 250; cela signifie que lorsque l'équation 3 (a ou b) donne $m_r > 250$, il faut prendre $m_r = 250$.

Indice de l'humus (IH)

$r_e = 0{,}92r_o - 1{,}27,$	$r_o > 1{,}5$	(11)
$M_o = 20 + e^{(5{,}6348 - P_o/43{,}43)}$		(12)
$b = 100/(0{,}5 + 0{,}3\ P_o),$	$P_o \leq 33$	(13a)
$b = 14 - 1{,}3 \ln P_o,$	$33 < P_o \leq 65$	(13b)
$b = 6{,}2 \ln P_o - 17{,}2,$	$P_o > 65$	(13c)
$M_r = M_o + 1000r_e/(48{,}77 + br_e)$		(14)
$P_r = 244{,}72 - 43{,}43 \ln (M_r - 20)$		(15)
$K = 1{,}894\ (T + 1{,}1)\ (100 - H)\ L_e \times 10^{-6}$		(16)
$P = P_o$ (ou P_r) $+ 100K$		(17)

L'IH se calcule de la façon suivante:

1. P de la veille devient P_o.

2a. Si $r_o > 1{,}5$, calculer r_e à l'aide de l'équation 11.
b. Calculer M_o en fonction de P_o à l'aide de l'équation 12.
c. Calculer b à l'aide de l'équation appropriée parmi 13a, 13b ou 13c.
d. Calculer M_r à l'aide de l'équation 14.
e. Calculer P_r en fonction de M_r à l'aide de l'équation 15. P_r devient le nouveau P_o.

3. Prendre L_e dans le tableau 1 ci-dessous.

4. Calculer K à l'aide de l'équation 16.

5. Calculer P en fonction de P_o (ou P_r) à l'aide de l'équation 17. C'est l'IH de la journée.

L'utilisation des équations donnant IH comporte trois restrictions:

- Les équations 11 à 15 ne s'appliquent pas à moins que $r_o > 1{,}5$; cela signifie qu'il faut omettre le sous-programme précipitation par temps sec.
- Théoriquement, P_r ne peut pas être inférieur à zéro. Si on obtient des valeurs négatives à l'étape 2e, il faut prendre zéro.
- On ne doit pas utiliser des valeurs de T inférieures à $-1{,}1$ dans l'équation 15. Si $T < -1{,}1$, il faut prendre $T = -1{,}1$.

Tableau 1. Longueur réelle de la journée (L_e) pour le calcul de IH

Mois:	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
L_e:	6,5	7,5	9,0	12,8	13,9	13,9	12,4	10,9	9,4	8,0	7,0	6,0

Indice de sécheresse (IS)

$r_d = 0{,}83r_o - 1{,}27,$	$r > 2{,}8$	(18)
$Q_o = 800e^{-D_o/400}$		(19)
$Q_r = Q_o + 3{,}937r_d$		(20)
$D_r = 400 \ln(800/Q_r)$		(21)
$V = 0{,}36 (T + 2{,}8) + L_f$		(22)
$D = D_o$ (ou D_r) $+ 0{,}5V$		(23)

IS se calcule de la façon suivante:

1. D de la veille devient D_o.

2a. Si $r_o > 2{,}8$, calculer r_d à l'aide de l'équation 18.
b. Calculer Q_o en fonction de D_o à l'aide de l'équation 19.
c. Calculer Q_r à l'aide de l'équation 20.
d. Calculer D_r en fonction de Q_r à l'aide de l'équation 21. D_r devient le nouveau D_o.

3. Prendre L_f dans le tableau 2 ci-dessous.

4. Calculer V à l'aide de l'équation 22.

5. Calculer D en fonction de D_o (ou D_r) à l'aide de l'équation 23. C'est l'IS de la journée.

L'utilisation des équations donnant IS comporte quatre restrictions:

- Les équations 18 à 21 ne s'appliquent pas à moins que $r_o > 2{,}8$; cela signifie qu'on doit omettre le sous-programme précipitation par temps sec.
- Théoriquement, D_r ne peut être inférieur à zéro. Si on obtient des valeurs négatives à l'étape 2d, il faut prendre zéro.
- On ne doit pas utiliser des valeurs de T inférieures à $-2{,}8$, dans l'équation 22. Si $T < -2{,}8$, prendre $T = -2{,}8$.
- V ne peut pas être négatif. Si l'équation 22 donne un résultat négatif, prendre $V = 0$.

Tableau 2. Coefficient de la longueur de la journée (L_f) pour le calcul de IS.

Mois:	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
L_f:	−1,6	−1,6	−1,6	0,9	3,8	5,8	6,4	5,0	2,4	0,4	−1,6	−1,6

Indice de propagation initiale (IPI)

$f(W) = e^{0{,}05039W}$		(24)
$f(F) = 91{,}9e^{-0{,}1386m} [1 + m^{5{,}31}/(4{,}93 \times 10^7)]$		(25)
$R = 0{,}208 f(W) f(F)$		(26)

Indice du combustible disponible (ICD)

$U = 0{,}8 PD/(P + 0{,}4D),$	$P \leq 0{,}4D$	(27a)
$U = P - [1 - 0{,}8D/(P + 0{,}4D)][0{,}92 + (0{,}0114P)^{1{,}7}],$	$P > 0{,}4D$	(27b)

Indice Forêt-Météo (IFM)

$f(D) = 0{,}626U^{0{,}809} + 2,$	$U \leq 80$	(28a)
$f(D) = 1000/(25 + 108{,}64\ e^{-0{,}023U}),$	$U > 80$	(28b)
$B = 0{,}1\ R\ f(D)$		(29)
$\ln S = 2{,}72\ (0{,}434\ \ln B)^{0{,}647},$	$B > 1$	(30a)
$S = B,$	$B \leq 1$	(30b)

IPI, ICD et IFM se calculent de la façon suivante:

1. Calculer f(W) et f(F) à l'aide des équations 24 et 25.
2. Calculer R à l'aide de l'équation 26. C'est l'IPI de la journée.
3. Calculer U à l'aide de l'équation 27a si $P \leq 0{,}4D$ ou à l'aide de l'équation 27b si $P > 0{,}4D$. C'est l'ICD de la journée.
4. Calculer f(D) à l'aide de l'équation 28a si $U \leq 80$. Si $U > 80$, utiliser l'équation 28b.
5. Calculer B à partir de l'équation 29.
6. Si $B > 1$, calculer S d'après son logarithme donné par l'équation 30a. Si $B \leq 1$, prendre $S = B$ selon l'équation 30b. S est l'IFM de la journée.

Indice journalier de sévérité (IJS)

$IJS = 0{,}0272\ (IFM)^{1{,}77}$	(31)

Description du programme

Le programme décrit dans le présent rapport est issu d'un programme écrit par Simard (1970) de l'ancien Institut de recherches sur les feux de forêt. Ce programme était conçu pour traiter des données météorologiques collectées dans un grand nombre de stations pendant une saison complète. Le remplacement de données manquantes était prévu, ainsi que des limites dans le cas de données météorologiques anormales. Il s'agissait d'un programme complexe nécessitant à l'époque un ordinateur puissant.

Engisch et Walker (1971) ont simplifié le programme de Simard de façon à ce qu'il traite les données vérifiées relevées à une seule station pendant une saison, éliminant toutes les limites superflues. Kean (1975) a ensuite révisé ce programme, introduisant plusieurs modifications mathématiques qui avaient fait l'objet d'études récentes. Cette version est cependant devenue caduque à la suite de la décision de convertir les mesures au système métrique. Le rapport d'information PS-X-58 (Van Wagner et Pickett, 1975) décrit la version métrique du programme de Kean. Le programme faisant l'objet du présent rapport intègre les changements mathématiques décrits plus haut, mais il s'exécute de la même façon que le programme présenté dans le rapport PS-X-58.

Voici comment s'exécute le programme. On introduit d'abord le numéro du mois de départ et le nombre de jours de ce mois pendant lesquels des données sont collectées. Par exemple, si on commence le 13 avril, on collecte des données pendant 18 jours dans le mois nº 4, et la donnée d'entrée est 418. On introduit ensuite les observations météorologiques journalières dans l'ordre suivant: température (°C), humidité relative (%), vent (km/h) et pluie (mm). La température et la quantité de pluie sont données avec un seul chiffre décimal, l'humidité relative et la vitesse du vent sont des nombres entiers. On peut introduire les données météorologiques en unités anglaises, mais elles sont converties en unités métriques dans les résultats.

Les valeurs intiales normales des trois indices d'humidité du combustible, à savoir ICL = 85, IH = 6 et IS = 15, sont incluses dans le programme, mais il est possible d'introduire n'importe quelle autre valeur initiale désirée.

Les résultats sont donnés sur douze colonnes: la date (mois et jour), les quatre types de données météorologiques, les trois indices d'humidité du combustible (ICL, IH, IS), les trois indices de comportement de l'incendie (IPI, ICD, IFM), et l'indice journalier de sévérité (IJS). L'ordinateur s'arrête automatiquement après le dernier jour. Le programme n'inclut pas de limites sur les données d'entrée autres que celles nécessaires pour éviter des anomalies mathématiques. Tous les indices d'humidité sont reportés d'un jour à l'autre en virgule flottante, et il en va de même pour toutes les quantités intermédiaires utilisées dans le calcul de l'IFM journalier. Le résultat est donc dans la forme mathématique la plus pure possible et il constitue une référence à laquelle on peut comparer les résultats obtenus avec d'autres programmes ou avec les tables de l'IFM de la méthode canadienne (Service canadien des forêts 1984).

Ce programme[1] standard sert principalement d'outil pour des travaux de développement sur le système de l'IFM et de référence, comme on l'a déjà exposé. Il est évident que des programmes opérationnels conçus pour traiter des observations météorologiques effectuées quotidiennement dans un grand nombre de stations pendant toute une saison d'incendies auront des données d'entrée et de sortie différentes.

Deux points méritent un commentaire. Le premier est le degré de précision nécessaire lors de l'impression des codes et indices journaliers. Le programme standard arrondit tous les codes et indices au dixième et les imprime avec un chiffre décimal. Cependant, des résultats entiers conviennent sans aucun doute dans la plupart des cas. Quelquefois, le premier chiffre décimal peut être souhaitable pour l'ICL (surtout au-dessus de 90) et l'IPI (surtout au-dessous de 10). L'IJS est donné avec deux décimales, ce qui convient le mieux.

[1]Programme F-32 (30 août 1984). Pour tout renseignement, s'adresser à l'Institut forestier national de Petawawa, Service canadien des forêts, Chalk River (Ontario) K0J 1J0.

Le second concerne la précision avec laquelle les trois indices d'humidité (ICL, IH et IS) sont reportés d'un jour à l'autre. Le programme standard reporte les valeurs journalières des indices en virgule flottante, ce qui équivaut à environ sept chiffres significatifs (quatre ou cinq décimales). En pratique, cependant, si la capacité de mémoire de l'ordinateur est un facteur limitant, on peut dans certains cas accepter des résultats avec une précision imparfaite. Des essais ont été effectués en reportant les trois indices d'humidité d'un jour à l'autre avec trois degrés réduits de précision: 1. avec deux décimales, 2. avec une décimale et 3. arrondis au nombre entier. Les résultats des essais sur deux saisons, exprimés en pourcentage de jours-erreurs pour chaque indice, sont donnés au tableau 3.

Tableau 3. Pourcentages de jours pour lesquels on observe un écart entre les indices d'humidité arrondis au nombre entier obtenus à trois niveaux de précision du report des indices d'un jour à l'autre et les indices obtenus avec un report normal en virgule flottante.

	Report avec deux décimales	Report avec une décimale	Report d'un nombre entier			
	% de jours avec un écart de 1	% de jours avec un écart de 1	% de jours avec un écart de			
Indice			1	2	3	1 ou plus
ICL	—	1,9	6,2	—	—	6,2
IH	0,5	4,3	41,8	4,9	—	46,7
IS	8,1	5,2	41,3	1,4	1,6	44,3
IPI	—	0,5	3,3	—	—	3,3
ICD	—	3,5	36,1	8,2	1,4	45,7
IFM	—	0,5	9,5	—	—	9,5

Le tableau 3 permet de tirer les conclusions suivantes:

- Le report des indices d'humidité avec deux décimales donne des résultats d'une exactitude presque parfaite, sauf pour IS qui présente des écarts occasionnels de 1 unité, mais ces écarts sont sans grandes conséquences.
- Dans certains cas pratiques, les reports des indices avec une décimale peut être suffisamment précis. Une erreur de 1 se produirait environ 1 jour sur 25 dans le cas de l'IH, environ 1 jour sur 50 dans le cas de l'ICL et environ 1 jour sur 200 dans le cas de l'IFM.
- Le report des indices d'humidité arrondis au nombre entier donne des résultats généralement inexacts et n'est pas recommandé.

Dans le tableau 3, sur les six indices, IS est le seul qui présente des anomalies. Du point de vue mathématique, IS peut difficilement s'autocorriger, si l'on compare avec ICL et IH, ce qui explique sa tendance à s'écarter d'une unité et à rester ainsi les jours suivants. Un échantillonnage beaucoup plus important serait nécessaire pour établir un comportement moyen de IS.

Le programme standard de calcul de l'Indice Forêt-Météo est présenté aux pages suivantes, avec des exemples de données d'entrée et de résultats.

Symboles utilisés dans le programme

Météo

T	– température, °C
H	– humidité relative, %
W	– vent, km/h
R,RA	– pluie, mm

Indice du combustible léger (ICL)

FO	– ICL initial ou de la veille
WMO	– teneur en eau initiale
WM	– teneur en eau finale du jour
ED	– TEE pour le dessèchement
EW	– TEE pour le mouillage
Z	– valeur intermédiaire de X
X	– vitesse logarithmique de dessèchement ou de mouillage
FFM	– ICL du jour

Indice de l'humus (IH)

PO	– IH initial ou de la veille
RK	– facteur de dessèchement
EL(J)	– longueur réelle de la journée pour le mois J
RW	– pluie réelle
PR	– IH après la pluie
WMI	– teneur en eau initiale
WMR	– teneur en eau après la pluie
B	– facteur pluie

Indice de sécheresse (IS)

DOT	– IS initial ou de la veille
PE	– facteur de dessèchement
FL(J)	– coefficient de la longueur de la journée pour le mois J
RW	– pluie réelle
SMI	– humidité équivalente de IS
DR	– IS après la pluie

Indices de comportement de l'incendie (IPI, ICD, IFM)

FM	– teneur en eau du combustible léger du jour
SF	– facteur humidité du combustible léger
SI	– IPI
P	– rapport permettant de corriger ICD lorsqu'il est inférieur à IH
CC	– facteur IH permettant de corriger ICD lorsqu'il est inférieur à IH
BB	– forme intermédiaire de IFM
SL	– logarithme du IFM final
DSR	– indice journalier de sévérité

```
C     NO. DU PROGRAMME: F-32F
C
C     VERSION NORMALISEE DE 1984 DU SYSTEME DE L'INDICE FORET-METEO
C     DE LA METHODE CANADIENNE. ETABLIE LE 30 AOUT 1984.
C
C     EN FORTRAN 77 AUX FINS DU DEC-PDP-11/44 A L'IFNP.
C
C     PERMET LA LECTURE DES DONNEES EN UNITES ANGLAISES OU METRIQUES,
C     MAIS SEULES LES UNITES METRIQUES SONT IMPRIMEES.
C
C     EXPRIME LES INDICES DE SORTIES A UNE DECIMALE, SAUF L'INDICE
C     JOURNALIER DE SEVERITE, QUI SORT A DEUX DECIMALES.
C
C     LMON = LONGUEUR DES MOIS
C     EL = FACTEURS DE LONGUEUR DES JOURNEES DE L'IH
C     FL = FACTEURS DE LONGUEUR DES JOURNEES DE L'IS
C
      DIMENSION LMON(12), EL(12), FL(12),AST(2),TITLE(20)
      LOGICAL*1 DAT(9),YES,YES1,ANS,ANS1
      LOGICAL *1 INFMT(40)
      TYPE 5
    5 FORMAT(' INTRODUIRE LE NOM DU FICHIER: PAR EX., DONNEES
     * D'' ECHANTILLONNAGE  ',$)
      ACCEPT 10, INFMT
   10 FORMAT(40A1)
      INFMT(40)=0
      OPEN(UNIT=1,NAME=INFMT,TYPE='OLD',READONLY)
      OPEN(UNIT=2,STATUS='NEW',NAME='F32FOUT.DAT')
      DATA LMON /31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31/
      DATA EL /6.5,7.5,9.0,12.8,13.9,13.9,12.4,10.9,9.4,8.0,7.0,
     *6.0/
      DATA FL /-1.6,-1.6,-1.6,.9,3.8,5.8,6.4,5.0,2.4,.4,-1.6,-1.6/
      DATA AST /' ','*'/
      DATA ANS /'0'/
      TYPE 15
   15 FORMAT(//X,'INTRODUIRE AU CLAVIER 0 OU 1 '/
     *X'.....0 SI LES DONNEES SONT EXPRIMEES EN UNITES METRIQUES'/
     *X' OU 1 SI LES DONNEES SONT EXPRIMEES EN UNITES ANGLAISES')
      READ(5,*) IUNIT
C
C     20 - PRESENTATION EN UNITES METRIQUES
C     25 - PRESENTATION EN UNITES ANGLAISES
C
   20 FORMAT(F4.1,2I4,F5.1)
   25 FORMAT(F4.0,2I4,F5.2)
C
C     LECTURE PAR STATION ET PAR ANNEE
C
      READ(1,30) TITLE
   30 FORMAT(20A4)
C
C     CETTE SECTION PERMET DES VALEURS INITIALES FACULTATIVES DE L'ICL,
C     DE L'IH ET DE L'IS.
C
      FO=85.0
      PO=6.0
      DOT=15.0
      TYPE 35
   35 FORMAT(' ICL=85.0, IH=6.0, IS=15.0; DESIREZ-VOUS UTILISER CES
     * VALEURS NORMALES INITIALES? [O/N] '$)
      ACCEPT 10,ANS1
      IF(ANS1.EQ.ANS) GO TO 55
```

```
      TYPE 40
   40 FORMAT(' FFMC (F4.1): ',$)
      ACCEPT 20,F0
      TYPE 45
   45 FORMAT(' DMC (F4.1): ',$)
      ACCEPT 20,P0
      TYPE 50
   50 FORMAT(' DC (F4.1): ',$)
      ACCEPT 20,DOT
C
C     LECTURE DU MOIS DE DEPART ET DU NOMBRE DE JOURS QU'IL COMPREND
C
   55 READ(1,60)  M, NDAYS
   60 FORMAT(I1,I2)
      WRITE(2,65)
   65 FORMAT(1H1'NO. DU PROGRAMME: F-32F')
      CALL DATE(DAT)
      WRITE(2,70) DAT,TITLE
   70 FORMAT(1X,9A1///1X,20A4//)
      WRITE(2,75) F0,P0,DOT
   75 FORMAT(' VALEURS INITIALES DE L''ICL:',F5.1,', DE L''IH:',F5.1,
     A', ET DE L''IS:',F5.1,//)
      DO 290 J=M,12
      NN=LMON(J)
      IF(J.EQ.M) GO TO 80
      IDAYS=1
      GO TO 85
   80 IDAYS=LMON(J)-NDAYS+1
C
C     LECTURE DES DONNEES METEOROLOGIQUES QUOTIDIENNES
C
   85 IAST=1
      DO 290 I=IDAYS,NN
      IF(IUNIT.EQ.0) GO TO 90
      READ(1,25,END=295) T,IH,IW,R
      W=IW
      GO TO 95
   90 READ(1,20,END=295) T,IH,IW,R
      W=IW
   95 IF(IUNIT.EQ.0) GO TO 100
      T=(T-32.)*5./9.
      W=W*1.609
      R=R*25.4
  100 TX=T
      H=IH
      RAIN=R
      IF(IAST.GT.1) GO TO 110
      WRITE(2,105)
  105 FORMAT(///,1X,'  DATE  TEMP  HR  VENT  PLUIE
     *     ICL     IH     IS
     *     IPI    ICD    IFM      IJS'/)
C
C     INDICE DU COMBUSTIBLE LEGER
C
  110 WMO=(147.2*(101-F0))/(59.5+F0)
      IF(R.GT.0.5) GO TO 115
      GO TO 125
  115 RA=R-.5
      IF(WMO.GT.150.) GO TO 120
      WMO=WMO+42.5*RA*EXP(-100./(251.-WMO))*(1.-EXP(-6.93/RA))
      GO TO 125
  120 WMO=(WMO+42.5*RA*EXP(-100./(251.-WMO))*(1.-EXP(-6.93/RA)))+
     *(0.0015*(WMO-150.)**2)*RA**.5
```

```
  125 IF(WMO.GT.250.) WMO=250.
      ED=0.942*(H**0.679)+(11.*EXP((H-100.)/10.))+0.18*(21.1-T)
     **(1.-1./EXP(0.115*H))
      IF(WMO-ED) 130,135,140
  130 EW=.618*(H**.753)+(10.*EXP((H-100.)/10.))+.18*(21.1-T)
     **(1.-1./EXP(0.115*H))
      IF(WMO.LT.EW) GO TO 145
  135 WM=WMO
      GO TO 150
  140 Z=0.424*(1.-(H/100.)**1.7)+(0.0694*(W**0.5))*(1.-(H/100.)**8)
      X=Z*(0.581*(EXP(0.0365*T)))
      WM=ED+(WMO-ED)/10.**X
      GO TO 150
  145 Z=.424*(1.-((100.-H)/100.)**1.7)+(.0694*(W**.5))*(1.-((100.-H)
     */100.)**8)
      X=Z*(.581*(EXP(.0365*T)))
      WM=EW-(EW-WMO)/10.**X
  150 FFM=(59.5*(250.-WM))/(147.2+WM)
      IF(FFM.GT.101.) GO TO 155
      IF(FFM) 160,165,165
  155 FFM=101.
      GO TO 165
  160 FFM=0.0
C
C     INDICE DE L'HUMUS
C
  165 IF(T+1.1.GE.0.) GO TO 170
      T=-1.1
  170 RK=1.894*(T+1.1)*(100.-H)*(EL(J)*0.0001)
  175 IF(R.GT.1.5) GO TO 180
      PR=PO
      GO TO 205
  180 RA=R
      RW=0.92*RA-1.27
      WMI=20.0+280./EXP(0.023*PO)
      IF(PO.LE.33.) GO TO 185
      IF(PO-65.) 190,190,195
  185 B=100./(0.5+0.3*PO)
      GO TO 200
  190 B=14.-1.3*ALOG(PO)
      GO TO 200
  195 B=6.2*ALOG(PO)-17.2
  200 WMR=WMI+(1000.*RW)/(48.77+B*RW)
      PR=43.43*(5.6348-ALOG(WMR-20.))
  205 IF(PR.GE.0.) GO TO 210
      PR=0.0
  210 DMC=PR+RK
C
C     INDICE DE SECHERESSE
C
      IF(T+2.8.GE.0.) GO TO 215
      T=-2.8
  215 PE=(.36*(T+2.8)+FL(J))/2.
      IF(R.LE.2.8) GO TO 225
      RA=R
      RW=0.83*RA-1.27
      SMI=800.*EXP(-DOT/400.)
      DR=DOT-400.*ALOG(1.+((3.937*RW)/SMI))
      IF(DR.GT.0.) GO TO 220
      DR=0.0
  220 DC=DR+PE
      GO TO 230
  225 DR=DOT
```

```
      GO TO 220
  230 IF(DC.GE.0.) GO TO 235
      DC=0.0
C
C     INDICE DE PROPAGATION INITIALE, INDICE DU COMBUSTIBLE DISPONIBLE,
C     INDICE FORET-METEO
C
  235 FM=(147.2*(101.-FFM))/(59.5+FFM)
      SF=19.115*EXP(FM*(-.1386))*(1.+(FM**5.31)/4.93E07)
      SI=SF*EXP(0.05039*W)
  240 IF(DMC.EQ.0.0.AND.DC.EQ.0.0) GO TO 245
      BUI=(0.8*DC*DMC)/(DMC+0.4*DC)
      GO TO 250
  245 BUI=0.
  250 IF(BUI.GE.DMC) GO TO 255
      P=(DMC-BUI)/DMC
      CC=0.92+(0.0114*DMC)**1.7
      BUI=DMC-(CC*P)
      IF(BUI.LT.0.) BUI=0.
  255 IF(BUI.GT.80.) GO TO 260
      BB=0.1*SI*(0.626*BUI**0.809+2.)
      GO TO 265
  260 BB=0.1*SI*(1000./(25.+108.64/EXP(0.023*BUI)))
  265 IF(BB-1.0.LE.0.) GO TO 270
      SL=2.72*(0.434*ALOG(BB))**0.647
      FWI=EXP(SL)
      GO TO 275
  270 FWI=BB
  275 DSR = 0.0272*FWI**1.77
  280 WRITE(2,285) J,I,TX,IH,IW,RAIN,FFM,DMC,DC,SI,BUI,FWI,DSR
  285 FORMAT(1X,2I3,F6.1,I4,I6,F7.1,F7.1,F6.1,F7.1,3F6.1,F8.2)
      FO=FFM
      PO=DMC
      DOT=DC
      IAST=IAST+1
  290 CONTINUE
  295 WRITE(5,300)
  300 FORMAT(/1X'RESULTATS SONT DANS F32FOUT.DAT ET
     * DOIVENT ETRE TRANSMIS AU TRAITEMENT'/
     *' EN DIFFERE A L'' IMPRIMANTE LIGNE PAR LIGNE.'//)
  305 STOP
      END
```

Exemple de données d'entrée

```
>
 DONNEES DE L'ESSAI D'IFM DU 13 AVRIL AU 31 MAI
418
 17.   42   25          - 13 avril
 20.   21   25 2.4
 8.5   40   17
 6.5   25    6
 13.   34   24
 6.0   40   22 0.4
 5.5   52    6
 8.5   46   16
 9.5   54   20
 7.0   93   14 9.0
 6.5   71   17 1.0
 6.0   59   17
 13.   52    4
15.5   40   11
 23.   25    9
 19.   46   16          - 30 avril
 18.   41   20          - 1er mai
14.5   51   16
14.5   69   11
15.5   42    8
 21.   37    8
 23.   32   16
 23.   32   14
 27.   33   12
 28.   17   27
23.5   54   20
 16.   50   2212.2
11.5   58   20
 16.   54   16
21.5   37    9
 14.   61   22 0.2
 15.   30   27
 20.   23   11
 14.   95    316.4
 20.   53    4 2.8
19.5   30   16
25.5   51   20 6.0
 10.   38   24
 19.   27   16
 26.   46   11 4.2
 30.   38   22
25.5   67   1912.6
 12.   53   2811.8
 21.   38    8
 13.   70   20 3.8
  9.   78   24 1.4
 11.   54   16
15.5   39    9
 18.   36    5          - 31 mai
```

4 représente le numéro du mois initial, ici avril
18 représente le nombre de jours dans le mois initial.

Température (°C) **Humidité relative (%)** **Vent (km/h)** **Pluie (mm)**

Exemple de résultats

NO. DU PROGRAMME: F-32F
15-FEB-85

DONNEES DE L'ESSAI D'IFM DU 13 AVRIL AU 31 MAI

VALEURS INITIALES DE L'ICL: 85.0, DE L'IH: 6.0, ET DE L'IS: 15.0

DATE	TEMP	HR	VENT	PLUIE	ICL	IH	IS	IPI	ICD	IFM	IJS
4 13	17.0	42	25	0.0	87.7	8.5	19.0	10.9	8.5	10.1	1.63
4 14	20.0	21	25	2.4	86.2	10.4	23.6	8.8	10.4	9.3	1.40
4 15	8.5	40	17	0.0	87.0	11.8	26.1	6.5	11.7	7.6	0.98
4 16	6.5	25	6	0.0	88.8	13.2	28.2	4.9	13.1	6.2	0.68
4 17	13.0	34	24	0.0	89.1	15.4	31.5	12.6	15.3	14.8	3.22
4 18	6.0	40	22	0.4	88.7	16.5	33.5	10.7	16.4	13.5	2.71
4 19	5.5	52	6	0.0	87.4	17.2	35.4	4.0	17.1	5.9	0.62
4 20	8.5	46	16	0.0	87.4	18.5	37.9	6.6	18.4	9.7	1.50
4 21	9.5	54	20	0.0	86.8	19.7	40.6	7.4	19.6	11.0	1.89
4 22	7.0	93	14	9.0	29.9	10.1	29.5	0.0	10.9	0.0	0.00
4 23	6.5	71	17	1.0	49.4	10.7	31.6	0.4	11.6	0.2	0.00
4 24	6.0	59	17	0.0	67.3	11.4	33.7	1.3	12.3	0.9	0.02
4 25	13.0	52	4	0.0	77.8	13.0	37.0	1.1	13.9	0.8	0.02
4 26	15.5	40	11	0.0	85.5	15.4	40.7	3.9	15.9	5.5	0.56
4 27	23.0	25	9	0.0	91.5	19.8	45.8	8.4	19.8	12.2	2.27
4 28	19.0	46	16	0.0	89.9	22.5	50.2	9.5	22.4	14.3	3.02
4 29	18.0	41	20	0.0	90.0	25.2	54.4	11.7	25.1	17.7	4.40
4 30	14.5	51	16	0.0	88.4	27.0	57.9	7.7	27.0	13.3	2.65
5 1	14.5	69	11	0.0	85.7	28.3	63.0	4.0	28.2	8.0	1.08
5 2	15.5	42	8	0.0	87.4	30.8	68.2	4.4	30.8	9.1	1.35
5 3	21.0	37	8	0.0	89.4	34.5	74.3	5.9	34.4	12.3	2.30
5 4	23.0	32	16	0.0	91.0	38.8	80.9	11.1	38.7	21.0	5.96
5 5	23.0	32	14	0.0	91.2	43.1	87.4	10.3	43.0	21.1	5.99
5 6	27.0	33	12	0.0	91.7	48.1	94.7	9.9	47.9	21.7	6.30
5 7	28.0	17	27	0.0	95.2	54.5	102.1	34.5	54.3	52.6	30.20
5 8	23.5	54	20	0.0	89.7	57.4	108.8	11.3	57.2	25.9	8.61
5 9	16.0	50	22	12.2	62.2	29.9	91.8	1.4	33.0	3.0	0.19
5 10	11.5	58	20	0.0	76.7	31.3	96.3	2.3	34.5	5.4	0.55
5 11	16.0	54	16	0.0	83.5	33.4	101.6	3.8	36.7	8.9	1.31
5 12	21.5	37	9	0.0	88.7	37.1	107.8	5.6	39.9	12.8	2.46
5 13	14.0	61	22	0.2	86.7	38.7	112.8	8.1	41.6	17.3	4.24
5 14	15.0	30	27	0.0	89.6	41.7	117.9	15.9	44.2	28.8	10.44
5 15	20.0	23	11	0.0	92.1	45.9	123.9	10.1	47.7	21.9	6.40
5 16	14.0	95	3	16.4	21.3	20.1	97.0	0.0	26.5	0.0	0.00
5 17	20.0	53	4	2.8	51.0	18.3	103.0	0.2	25.3	0.2	0.00
5 18	19.5	30	16	0.0	82.3	22.1	108.9	3.3	29.3	6.8	0.81
5 19	25.5	51	20	6.0	75.4	16.4	106.4	2.1	23.7	3.8	0.29
5 20	10.0	38	24	0.0	84.3	18.2	110.6	6.4	25.8	11.3	1.99
5 21	19.0	27	16	0.0	90.3	22.1	116.4	10.0	29.9	17.2	4.19
5 22	26.0	46	11	4.2	77.6	18.7	117.7	1.6	26.8	2.9	0.18
5 23	30.0	38	22	0.0	90.2	23.8	125.5	13.4	32.3	22.0	6.49
5 24	25.5	67	19	12.6	65.3	13.1	108.5	1.4	20.2	1.9	0.08
5 25	12.0	53	28	11.8	55.4	7.7	91.6	1.2	12.8	0.8	0.02
5 26	21.0	38	8	0.0	80.8	11.3	97.8	1.9	17.6	2.6	0.14
5 27	13.0	70	20	3.8	61.7	8.4	97.9	1.2	13.8	0.9	0.02
5 28	9.0	78	24	1.4	64.5	9.0	101.9	1.7	14.7	2.0	0.09
5 29	11.0	54	16	0.0	77.6	10.5	106.3	2.0	16.8	2.8	0.17
5 30	15.5	39	9	0.0	85.4	13.1	111.5	3.5	20.3	5.8	0.61
5 31	18.0	36	5	0.0	88.5	16.3	117.1	4.4	24.2	7.9	1.06

Ouvrages de références

Engisch, R.L.; Walker, J.D. 1971. PDP-8L version of Simard's Fire Weather Index Program. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Forest Exp. Sta., Intern. Rep. PS-23. 10 p.

Kean, W.A. 1975. A PDP-8L program for calculating the Fire Weather Index. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Forest Exp. Sta., Inf. Rep. PS-X-57. 12 p.

Service canadien des forêts. 1984. Tables de l'Indice Forêt-Météo de la méthode canadienne. Environ. Can., rapp. tech. de for. nº 25 (4e éd.).

Simard, A.J. 1970. Computer program to calculate the Canadian Forest Fire Weather Index. Environ. Can., Can. For. Serv., Forest Fire Res. Inst., Intern. Rep. FF-12. 18 p.

Van Wagner, C.E. 1970. Conversion of Williams' severity rating for use with the Fire Weather Index. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Forest Exp. Sta., Inf. Rep. PS-X-21. 5 p.

Van Wagner, C.E. 1974. Structure de l'indice canadien forêt-météo. Environ. Can., Serv. can. des for. publ. nº 1333. 44 p.

Van Wagner, C.E. 1977. A method of computing fine fuel moisture content throughout the diurnal cycle. Environ. Can., Can. For. Serv., Petawawa Forest Exp. Sta. Info. Rep. PS-X-69. 15 p.

Van Wagner, C.E.; Pickett, T.L. 1975. Equations and Fortran IV program for the 1976 metric version of the Forest Fire Weather Index. Can. For. Serv., Petawawa Forest Exp. Sta., Inf. Rep. PS-X-58. 20 p.